

粗柄独尾草不同器官蒽醌类成分的消长规律

马 淼^{1,2*}, 骆世洪^{2**}, 刘会良²

(1. 新疆特种植物药资源重点实验室, 新疆 石河子 832003; 2. 石河子大学 生命科学学院, 新疆 石河子 832003)

摘 要: 采用高效液相色谱法对沙生类短命植物粗柄独尾草苗期、营养生长期、初花期、盛花期、果期各器官中大黄素、大黄酚、大黄酸、芦荟大黄素含量的消长规律进行了研究。结果表明: 叶中, 芦荟大黄素的含量在苗期和初花期都较高, 在盛花期时最低; 大黄酸的含量在苗期最高, 盛花期时最低; 大黄素的含量在苗期达到最高, 初花期和盛花期最低; 大黄酚的含量也以苗期最高, 盛花期和果期最低。且在初花期时, 4种蒽醌类物质含量均呈现明显的叶先端>叶中部>叶基部的空间差异性。根中, 芦荟大黄素的含量在苗期和营养生长期较高, 而以盛花期和果期较低; 大黄酸的含量在果期最高, 其余时期差异不显著; 大黄素的含量以苗期和初花期较高; 大黄酚的含量在果期达最高, 而盛花期时最低。同时期的根叶蒽醌含量相比, 叶中的芦荟大黄素要高于根, 而根中大黄酚含量要高于叶。同时期各器官蒽醌总量相比: 叶>根>花>花茎。故若选取粗柄独尾草作为蒽醌类药材利用, 建议最佳采集方式为采集初花期的叶先端部分。

关键词: 粗柄独尾草; 类短命植物; 蒽醌; HPLC

中图分类号: Q945 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2007)03-0444-04

Temporal variation in content of four anthraquinones in desert ephemeroid plant *Eremurus inderiensis*

MA Miao^{1,2*}, LUO Shi-Hong^{2**}, LIU Hui-Liang²

(1. Key Laboratory of Phytomedicine Resources & Modernization of TCM, Shihezi 832003, China; 2. College of Life Sciences, Shihezi University, Shihezi 832003, China)

Abstract: Temporal variation in content of aloe-emodin, emodin, rhein and chrysophanol in desert ephemeroid plant *Eremurus inderiensis* was detected by HPLC method. Results showed that, as far as leaf was concerned, content of aloe-emodin in seedling and initial flowering periods was higher than that in profuse flowering period; content of emodin in seedling period was much higher than that in profuse flowering period; and the highest content of chrysophanol was in seedling period, but the lowest was in profuse flowering and fruit periods. In initial flowering period, the content of four anthraquinones in upper part of leaf was significantly higher than that in middle part, and that in lower part was the lowest one. As far as root was concerned, the content of aloe-emodin was much higher in seedling and vegetative growth periods than that in profuse flowering and fruit periods; rhein reached the highest content in fruit period; content of emodin was the highest in seedling and initial flowering periods but content of chrysophanol was the highest in fruit period. Among different organs, the content of total anthraquinones in leaf was the highest, that in scape was the lowest, and the content of total anthraquinones in root was higher than that in flower. So the optimal timing for collection of *E. inderiensis* is initial flowering period, and the optimal organ for collection is the upper part of leaf.

Key words: *Eremurus inderiensis*; ephemeroid plant; anthraquinone; HPLC

收稿日期: 2006-12-12 修回日期: 2007-02-25

基金项目: 国家重大基础研究前期研究专项(2002CCA02800)[Supported by Major Program of State Basic Research and Development of China (2002CCA02800)]

作者简介: 马淼(1970-), 男, 陕西宝鸡市人, 博士, 副教授, 从事植物化学研究, (E-mail) mamiaogg@126.com.

* 通讯作者(Author for correspondence, E-mail: mamiaogg@126.com)

** 并列第一作者(E-mail: lsh-zhq@163.com)

中华独尾草(*Eremurus chinensis*)系百合科(Liliaceae)独尾草属植物,以根入药,其主要成分为大黄素、大黄酚、大黄酸、芦荟大黄素等蒽醌类物质(李冲等,1999;张应鹏等,2000),具有祛风除湿、补肾强身之功效(云南药材公司,1993),已有悠久的民间食用历史(李新生等,2002)。而同属的粗柄独尾草(*E. nderiensis*),在我国仅分布于海拔400~500 m的新疆北部沙漠地区(崔乃然等,1996),多生长在固定或半固定沙丘及沙地,其生活史类型特殊,是新疆沙漠地区典型的耐旱、耐风沙、耐辐射的沙生早春类短命植物。其生存环境严酷,生活周期短暂,但生长发育迅速,从年苗萌发到种子成熟仅需70 d时间。特殊的生活史对策使得类短命植物的生物学及生态学特性倍受学术界的关注(马森等,2006),然而其不同器官中次生代谢产物的时空变化规律,目前尚未见报道。因此本文采用高效液相色谱法测定了沙生类短命植物粗柄独尾草不同器官在生活史各阶段4种蒽醌类物质的含量的变化式样,以期为该族群次生代谢产物的研究提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料和仪器

1.1.1 试验材料 于2005年4月1日到5月15日在古尔班通古特沙漠南缘(85°55' E, 44°45' N, Alt: 344 m)采集生长一致的粗柄独尾草各发育时期(苗期、营养生长期、初花期、盛花期、果期)的根、茎(花葶)、叶及花器官材料,其中初花期的叶片均分三段采集(即:叶先端、叶中部与叶基部)。采集后的材料在冷藏条件下迅速运回实验室,阴干粉碎后备用。

1.1.2 试剂 大黄素、大黄酚、大黄酸标准品由中国药品生物制品检定所提供,批号分别为110756-200110、110796-200513、0757-200206,芦荟大黄素的标准品由中药固体制剂制造技术国家工程研究中心提供,批号为1171-05011,甲醇为色谱纯,水为重蒸水,其余所用试剂均为分析纯。

1.1.3 仪器 WATERS-1525型高效液相色谱分析仪;DKZ-2型电热恒温振荡水浴;GL-20G-II高速冷冻离心机;植物样品粉碎机;EB-280电子分析天平(精度为0.000 01 g);SK3200H超声波提取仪。

1.2 实验方法

1.2.1 高效液相色谱条件 色谱柱:Symmetry C₁₈柱(5 μm, 4.6×150 mm);流动相:甲醇:0.1%磷

酸(85:15)(曹纬国等,2004);检测波长:280 nm;流速:1.0 mL/min;柱温:35℃;进样量:10 μL。

1.2.2 标准品溶液的制备 精密称取芦荟大黄素、大黄酸、大黄素、大黄酚标准品各10 mg,配成混合液。其中大黄素、大黄酸、大黄酚三者的浓度梯度依次为0.1、0.5、1、5、10、20、40 μg/mL;而芦荟大黄素则被配置成浓度依次为10、20、40、80、160、320、480 μg/mL的溶液系列。

1.2.3 样品制备 准确称取试验材料5.00 g于250 mL锥形瓶中,加100 mL 80%甲醇溶液55℃水浴振荡24 h,6 000 rpm离心10 min后取上清液,静置,使其温度恢复至室温。定容到100 mL,保存于4℃冰箱中备用(Cai等,2004)。

1.2.4 样品测定 分别吸取不同浓度的标准品及样品溶液,绘制标准曲线,得回归方程,以外标法计算样品中芦荟大黄素、大黄酸、大黄素、大黄酚的含量。标准品及样品色谱图见图1。

1.2.5 数据分析 方差分析、显著性检测所用软件为DPS 3.01。

2 结果与分析

2.1 标准品和样品色谱 如图1所示。

2.2 四种蒽醌类成分标准品回归方程

芦荟大黄素在10~480 μg/mL的浓度范围内呈现良好的线性关系(表1),大黄酸、大黄素以及大黄酚亦在0.1~40 μg/mL浓度范围内呈现良好的线性关系。

2.3 叶中蒽醌类物质含量变化

叶中芦荟大黄素含量占四种蒽醌类物质总量的98%以上,且在苗期和初花期达到最高,而盛花期时最低(表2);大黄酸的含量在苗期最高,盛花期时最低;大黄素的含量为苗期最高,初花期和盛花期最低;大黄酚的含量也在苗期最高,盛花期和果期最低。且在初花期时,4种蒽醌类物质含量呈现出明显的叶先端>叶中部>叶基部的空间差异。

2.4 根中蒽醌类物质含量变化

根中的蒽醌类物质也以芦荟大黄素含量为最高(98%以上),并在苗期和营养生长期达最高值,在盛花期和果期含量最低(表3);大黄酸含量以果期最高,其余时期无显著差异。大黄素含量在苗期和初花期最高;大黄酚含量以果期最高,而盛花期最低。

同时期的根叶中蒽醌含量相比,叶中的芦荟大

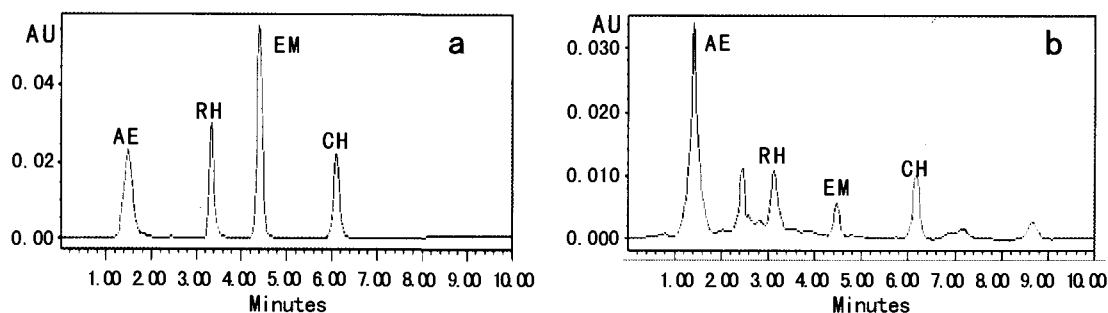


图 1 粗柄独尾草蒽醌标准品和样品色谱图

Fig. 1 Chromatograms of reference substances and *Eremurus inderiensis* samples

AE. 芦荟大黄素; RH. 大黄酸; EM. 大黄素; CH. 大黄酚。a. 标准品; b. 样品。

AE. Aloe-emodin; RH. Rhein; EM. Emodin; CH. Chrysophanol. a. Reference substance; b. *Eremurus inderiensis*.

表 1 四种蒽醌衍生物标准品回归方程

Table 1 Calibration curve of four anthraquinones regressive equation

标准品 Reference substance	回归方程 Regressive equation	回归系数 Regressive coefficient	P Significance test
芦荟大黄素 Aloe-emodin	$Y = 0.08174 + 1.07253 \times 10^{-4} X$	$R = 0.99725$	$P < 0.0001$
大黄酸 Rhein	$Y = -2.403 + 6.73899 \times 10^{-5} X$	$R = 0.99497$	$P < 0.0001$
大黄素 Emodin	$Y = -1.21918 + 2.72396 \times 10^{-5} X$	$R = 0.99671$	$P < 0.0001$
大黄酚 Chrysophanol	$Y = -0.04619 + 4.08169 \times 10^{-5} X$	$R = 0.99746$	$P < 0.0001$

表 2 叶中蒽醌类物质含量变化 (mg/g 干重)

Table 2 Variation in content of anthraquinones in *Eremurus inderiensis* leaves (mg/g dry weight $\pm$ SD)

生长时期 Period	部位 Position	芦荟大黄素 Aloe-emodin	大黄酸 Rhein	大黄素 Emodin	大黄酚 Chrysophanol
苗期 Seedling period	全叶	41.854 $\pm$ 2.47 b	0.2368 $\pm$ 0.0127 a	0.0648 $\pm$ 0.0027 a	0.0889 $\pm$ 0.0216 a
营养生长期 Vegetative growth period	全叶	30.841 $\pm$ 1.45 c	0.1948 $\pm$ 0.0081 b	0.0418 $\pm$ 0.0035 b	0.0392 $\pm$ 0.0105 c
初花期 Initial flowering period	叶先端	70.465 $\pm$ 1.27 a	0.2574 $\pm$ 0.0148 a	0.0670 $\pm$ 0.0008 a	0.0617 $\pm$ 0.0106 b
	叶中部	31.832 $\pm$ 4.82 c	0.1047 $\pm$ 0.0250 c	0.0259 $\pm$ 0.0041 c	0.0255 $\pm$ 0.0093 cd
	叶基部	20.659 $\pm$ 2.38 de	0.0352 $\pm$ 0.0118 d	0.0094 $\pm$ 0.0013 d	0.0064 $\pm$ 0.0007 e
	全叶	41.985 $\pm$ 1.54 b	0.1224 $\pm$ 0.0143 c	0.0321 $\pm$ 0.0085 c	0.0302 $\pm$ 0.0095 c
盛花期 Profuse flowering period	全叶	15.918 $\pm$ 0.43 e	0.0065 $\pm$ 0.0033 e	0.0272 $\pm$ 0.0027 c	0.0146 $\pm$ 0.0036 de
果期 Fruit period	全叶	22.802 $\pm$ 3.97 d	0.0959 $\pm$ 0.0136 c	0.0402 $\pm$ 0.0027 b	0.0183 $\pm$ 0.0015 de

注: 不同字母代表在 $P=0.05$ 水平上差异显著。下同。

Note: Different small letters indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

表 3 根中蒽醌类物质含量变化 (mg/g 干重)

Table 3 Variation in content of anthraquinones in *Eremurus inderiensis* roots (mg/g dry weight $\pm$ SD)

生长时期 Period	芦荟大黄素 Aloe-emodin	大黄酸 Rhein	大黄素 Emodin	大黄酚 Chrysophanol
苗期 Seedling period	20.202 $\pm$ 1.15 a	0.2234 $\pm$ 0.020 b	0.0896 $\pm$ 0.0068 a	0.1454 $\pm$ 0.0168 b
营养生长期 Vegetative growth period	19.351 $\pm$ 1.42 a	0.2415 $\pm$ 0.025 ab	0.0667 $\pm$ 0.0046 b	0.1427 $\pm$ 0.0150 b
初花期 Initial flowering period	13.701 $\pm$ 0.32 b	0.2324 $\pm$ 0.021 b	0.0908 $\pm$ 0.0149 a	0.1390 $\pm$ 0.0216 b
盛花期 Profuse flowering period	9.513 $\pm$ 1.26 c	0.2370 $\pm$ 0.022 b	0.0440 $\pm$ 0.0075 c	0.0799 $\pm$ 0.0084 c
果期 Fruit period	9.680 $\pm$ 0.56 c	0.3215 $\pm$ 0.087 a	0.0537 $\pm$ 0.0066 bc	0.1837 $\pm$ 0.0088 a

黄素明显高于根,而根中大黄酚含量显著高于叶。但叶中四种蒽醌类物质的总量要高于根器官。

2.5 花和花葶中蒽醌类物质含量变化

花与花葶中四种蒽醌类物质的含量变异式样亦不相同。盛花期时花中芦荟大黄素的含量显著高于

花葶,但低于果期花葶中芦荟大黄素的含量;大黄酸的含量以盛花期花器官为最高,同期的花葶材料次之;大黄素以盛花期的花与花葶的含量较高,而果期花葶中的含量较低;大黄酚含量以盛花期的花葶最高,以初花期的花器官为最低(表 4)。

表 4 花和花萼中蒽醌含量变化(mg/g 干重)

Table 4 Variation in content of anthraquinones in *Eremurus inderiensis* flower and scape (mg/g dry weight $\pm$ SD)

器官 Organ	生长时期 Period	芦荟大黄素 Aloe-emodin	大黄酸 Rhein	大黄素 Emodin	大黄酚 Chrysophanol
花 Flower	盛花期 Profuse flowering period	30.272 $\pm$ 1.78 b	0.2386 $\pm$ 0.038 a	0.0354 $\pm$ 0.0098 a	0.0773 $\pm$ 0.0071 b
	初花期 Initial flowering period	20.599 $\pm$ 2.63 c	0.1088 $\pm$ 0.076 b	0.0319 $\pm$ 0.0010 ab	0.0153 $\pm$ 0.0046 c
花萼 Scape	盛花期 Profuse flowering period	19.445 $\pm$ 1.02 c	0.1847 $\pm$ 0.018 ab	0.0416 $\pm$ 0.0030 a	0.2078 $\pm$ 0.0195 a
	果期 Fruit period	47.578 $\pm$ 0.92 a	0.1172 $\pm$ 0.0097 b	0.0251 $\pm$ 0.0015 c	0.1026 $\pm$ 0.0212 b

3 讨论

有研究表明蒽醌类物质在植株上部的嫩叶中的含量要高于下部老叶,同一叶中叶先端部分高于叶中部,叶基部含量最低,而叶缘含量高于叶的中央部分(沈宗根等,2003;王太霞等,2003;么春艳等,2005)。而本实验的结果也正好印证了这一点。幼叶和叶上部蒽醌类物质含量较高与粗柄独尾草化学防御机制有关:古尔班通古特沙漠中的水温条件具有明显的季节性差异,早春温凉湿润,夏季干燥炎热。粗柄独尾草为沙生早春类短命植物,其生活史周期短促,它必须在短时间内快速生长发育以完成花期前的能量积累,而在恶劣的沙漠环境中一旦其幼苗被动物啃食就不会再有充足的水分和营养供给其再生,势必会影响其生活史进程。蒽醌类物质不仅具有较差的适口性,而且会导致食草动物腹泻,故幼苗中相对较高的蒽醌类物质含量有利于粗柄独尾草生活史的顺利完成。而叶先端部分是最容易受动物啃食的部位,粗柄独尾草在这一部位积累较高含量的蒽醌类物质可以有效抵御食草动物的啃食与破坏。粗柄独尾草叶中的蒽醌类物质含量显著高于根,分析其原因可能有两方面:一方面有助于防止动物啃食,另一方面蒽醌作为酚类物质可能与抵抗沙漠中的高光强和高辐射有关(李鹏等,2001)。另外在叶和根中的蒽醌类物质在盛花期的含量都较低,其原因可能是:①营养生长期及初花期合成的大量蒽醌类物质在盛花期转化为其它物质;②蒽醌类物质是植物的次生代谢产物,其合成需要植物较高能量的投入,而在盛花期植物的最主要任务是繁殖成功,即将有限能量优先分配给繁殖器官,确保种子的形成。因此,此时蒽醌的合成量自然会减少。

粗柄独尾草叶 1.5%~4.2%和根 0.95%~2.0%中总蒽醌的含量高于何首乌(*Polygonum multiflorum*)0.2%~0.9%(谭远友,1998)根中总蒽醌的含量,与虎杖(*P. cuspidatum*)1.37~2.28%

(江兰英等,2004)、掌叶大黄(*Rheum palmatum*)1.74%~3.0%(林瑞民等,2005)等药材中蒽醌类物质的含量相当,故可以作为经济型药材。沙漠环境植被分布稀少,生态系统十分脆弱,而粗柄独尾草对早春季的防风固沙具有十分重要的意义。因此,就粗柄独尾草的利用而言笔者认为最好是利用其叶,虽然幼叶中蒽醌类物质的含量最高,但幼叶的生物量较低;而初花期的叶先端蒽醌类物质的含量亦较高,且此时叶片的生物量较大,故最佳的采集方式是采集初花期的叶先端部分。既可保证较高的蒽醌含量,又可保证留有足够的光合面积,以利于其生活史的继续进行,从而达到该资源可持续利用的目的。

参考文献:

- 云南药材公司. 1993. 云南中药资源名录[M]. 北京:科学出版社
- 江兰英,谢细平,陈华龙,等. 2005. 不同生长期和不同产地虎杖总蒽醌比较[J]. 中草药,36(8):1244-1246
- 林瑞民,李磊,陈华山,等. 2005. 不同品种不同产地大黄中五种蒽醌类化合物的 HPLC 测定[J]. 中药材,28(3):197-198
- 崔乃然,毛祖美,李学禹,等. 1996. 新疆植物志(6)[M]. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社:480-482
- Cai YZ, Luo Q, Sun M, et al. 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer[J]. Life Sciences, 74:2157-2184
- Cao WG(曹伟国), Liu ZQ(刘志勤), Shao Y(绍贤), et al. 2004. Determination of four anthraquinone derivatives in trueborn *Rheum tanguticum* of Qinghai Province(青海省道地药材唐古特大黄中 4 种蒽醌衍生物的含量测定)[J]. Acta Bot Boreal-Occident Sin(西北植物学报), 24(11):2140-2142
- Li C(李冲), Zhang YP(张应鹏), Zhang CZ(张承忠). 1999. Anthraquinones in *Eremurus chinensis* Fedtsch(独尾草中的蒽醌类成分)[J]. China J Chin Mat Med(中国中药杂志), 24(9):549-551
- Li P(李鹏), Li QF(李祺福), Huang YY(黄胤怡). 2001. The advance of plant flavonoids of anti-UV-B radiation research(抗 UV-B 辐射植物黄酮类化合物研究进展)[J]. Chin J Ecol(生态学杂志), 20(6):36-40
- Li XS(李新生), Yang PJ(杨培君), Li HN(李会宁), et al. 2002. Resources investigation of Shishen (*Eremurus chinensis*) in Shaanxi Province(陕西地区石参资源的调查)[J]. Amino
- (下转第 430 页 Continue on page 430)

圆籽荷说明其居群在经过近年来的环境改善后,有了一定的恢复,缓解了该植物的繁殖和自然更新压力。但野外圆籽荷的萌生苗较少,特别是林下几乎没有,仅偶见于路旁和沟边,在小苗的成长过程中光是重要的影响因素,对于土壤肥力,温度等因素的影响还有待研究。

3.1.4 传粉昆虫的重要性 传粉昆虫是唯一的传粉媒介,由于人为影响的增强,造成传粉昆虫的减少,或不利天气环境的影响,是造成其结实率不高的重要原因。

3.2 保护建议

对于圆籽荷这样一个较脆弱、知之甚少的渐危种,应尽早展开其种质保护:(1)对于其它地区,应尽快了解圆籽荷的个体数量和分布情况,以利于今后研究的开展。(2)现发现的最大居群所在地鹅凰嶂自然保护区已升级为省级保护区,今后应在当地开展宣传保护教育,用切实的行动将保护落到实处。其次因现圆籽荷天然更新能力尚好,因此实行就地保护是最佳的选择,其次也应尽快开展迁地保护。(3)从各种渠道申请立项,进一步深入研究,开展圆籽荷的物种生物学、特别是繁殖生物学的研究,为濒危植物的科学保护提供理论依据和可行方案及技术。并结合该植物的繁殖特性,研究可行的人工繁殖技术和实施人工种植扩大种群数量。人工采集种子、特殊处理后育苗,以及研究有效的扦插繁殖或组培快繁方法,对该植物的人工种质保育和种群恢复

具有重要意义。

参考文献:

- 林来官. 1992. 圆籽荷[M]//傅立国,金鉴明. 中国植物红皮书——稀有濒危植物(第1册). 北京:科学出版社:646—667
- 张宏达. 1998. 中国植物志 49 卷 3 分册[M]. 北京:科学出版社:225
- Chang HT (张宏达). 1976. *Apterosperma*-genus novum Theacearum(圆籽荷属—山茶科一新属)[J]. *Acta Sci Nat Univ Sunyatseni*(中山大学学报), (2), 90—92
- Gong SJ(龚双姣), Chen GX(陈功锡). 2006. The rare and endangered plants in Wulingshan Region and its conservation and utilization(武陵山地区珍稀濒危植物及其保护利用)[J]. *Guihaia*(广西植物), 26(3):242—248
- Luo XY(罗晓莹), Tang GD(唐光大), Xu H(许涵), et al. 2005. Genetic diversity of three endemic and endangered species of the family Theaceae in Guangdong, China(山茶科 3 种中国特有濒危植物的遗传多样性研究)[J]. *Biodiversity Sci*(生物多样性), 13(2):112—121
- World Conservation Monitoring Centre. 1998. *Apterosperma oblata*[EB/OL]. IUCN 2004. 2004 IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org>
- Wang FG(王发国), Ye YS(叶育石), Huang S(黄仕). 2003. E'huangzhang Nature Reserve(鹅凰嶂自然保护区)[J]. *Plant*(植物杂志), (1), :10—11
- Wang FG(王发国), Ye HG(叶华谷), Xing FW(邢福武), et al. 2004. Resources of the wild vascular plants in E'huangzhang Natural Reserve(鹅凰嶂自然保护区野生维管植物资源)[J]. *Guihaia*(广西植物), 24(2):102—106
- Xie FH(谢福惠), Mo XL(莫新礼). 1987. Studies on the wood structure of *Apterosperma* Chang(圆籽荷属木材构造的研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 7(2):107—109

(上接第 447 页 Continue from page 447)

- Acids Biotic Res*(氨基酸和生物资源), 24(3):1—2
- Ma M(马森), Fan JF(范俊峰), Li J(李静). 2006. Pollination characteristics of ephemeroid plant *Eremurus anisopturus*(类短命植物异翅独尾草的传粉特性)[J]. *J Plant Ecol*(植物生态学报), 30(6):1 012—1 017
- Shen ZG(沈宗根), Yu D(郁达), Hu ZH(胡正海), et al. 2003. Comparative and the correlative studies on the structure and the content of anthraquinones in 3 *Aloe* leaves(芦荟属 3 种植物不同叶龄、不同部位叶内蒽醌类物质含量及其变化的研究)[J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*(西北植物学报), 23(7):1 148—1 153
- Tan YY(谭远友). 1998. A comparison between the quality of wild and cultivated radix of tuber fleeceflower(野生与栽培何首乌的质量比较)[J]. *Chin Trad Herb Drug*(中草药),

28(6):375—378

- Wang TX(王太霞), Li JY(李景原), Hu ZH(胡正海). 2003. Correlation between the structure of vascular bundle and the content of aloin in *Aloe*(芦荟维管束的结构与芦荟素积累的相关性)[J]. *Guihaia*(广西植物), 23(5):436—439
- Yao CY(么春艳), Liu WZ(刘文哲). 2005. Seasonal change anthraquinone in vegetative organs of *Polygonum cuspidatum*(虎杖营养器官蒽醌类化合物含量的季节变化)[J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*(西北植物学报), 25(1):179—182
- Zhang YP(张应鹏), Zhang CZ(张承忠), Tao BQ(陶保全), et al. 2000. Chemical constituents from *Eremurus chinensis* Fedtsch.(独尾草化学成分研究)[J]. *China J Chin Mat Med*(中国中药杂志), 25(6):355—357